

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

08.05.03

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年 7月23日

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-214070

[ST.10/C]:

[J P 2 0 0 2 - 2 1 4 0 7 0]

出 願 人

Applicant(s):

湖北工業株式会社

REC'D 27 JUN 2003

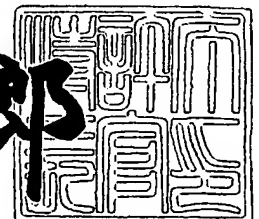
WIPO PCT

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2003年 6月13日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎



BEST AVAILABLE COPY

出証番号 出証特2003-3046238

【書類名】 特許願

【整理番号】 13661901

【提出日】 平成14年 7月23日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02B 6/38
B23K 26/00

【発明の名称】 光コネクタおよびその製造方法

【請求項の数】 10

【発明者】

 【住所又は居所】 奈良県奈良市左京3丁目8-5A202

 【氏名】 邱 建 栄

【発明者】

 【住所又は居所】 京都府京都市左京区田中下柳町8-94

 【氏名】 平 尾 一 之

【発明者】

 【住所又は居所】 滋賀県伊香郡高月町大字高月1623番地 湖北工業株式会社内

 【氏名】 吉 澤 修 平

【発明者】

 【住所又は居所】 滋賀県伊香郡高月町大字高月1623番地 湖北工業株式会社内

 【氏名】 矢 嶋 保

【発明者】

 【住所又は居所】 滋賀県伊香郡高月町大字高月1623番地 湖北工業株式会社内

 【氏名】 石 井 太

【特許出願人】

 【識別番号】 392017004

 【住所又は居所】 滋賀県伊香郡高月町大字高月1623番地

【氏名又は名称】 湖北工業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100075812

【弁理士】

【氏名又は名称】 吉 武 賢 次

【選任した代理人】

【識別番号】 100091487

【弁理士】

【氏名又は名称】 中 村 行 孝

【選任した代理人】

【識別番号】 100094640

【弁理士】

【氏名又は名称】 紺 野 昭 男

【選任した代理人】

【識別番号】 100107342

【弁理士】

【氏名又は名称】 横 田 修 孝

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 087654

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光コネクタおよびその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光ファイバを挿入するための複数の挿入孔が、所定の間隔で配列されてなる光コネクタであって、隣接する前記挿入孔間の中心間距離の精度が $\pm 0.5 \mu\text{m}$ 以内であり、隣接する前記挿入孔間の孔軸方向の平行度が $\pm 0.1^\circ$ 以内であることを特徴とする、光コネクタ。

【請求項 2】

前記挿入孔が、二次元ハニカム状に配列されてなる、請求項 1 に記載の光コネクタ。

【請求項 3】

前記挿入孔が、光ファイバの挿入側の挿入孔端部がテーパ形状を有してなる、請求項 1 または 2 に記載の光コネクタ。

【請求項 4】

前記光コネクタの基材が、酸化珪素を主成分とするガラス、ガラスセラミックおよび石英ガラス、透光性アルミナ、ならびに酸化ジルコニウムからなる群より選択されたものである、請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 項に記載の光コネクタ。

【請求項 5】

前記光コネクタが、光通信用フェルールまたは光通信用ファイバアレイである、請求項 1 ～ 4 のいずれか 1 項に記載の光コネクタ。

【請求項 6】

請求項 1 ～ 5 のいずれか 1 項に記載の光コネクタの製造方法であって、
前記光コネクタ用の基材を固定し、
前記基材において、光ファイバの挿入側の孔軸方向の調整を行い、
調整された孔軸方向から、パルスレーザ加工により挿入孔を形成する、
工程を含むことを特徴とする、光コネクタの製造方法。

【請求項 7】

パルスレーザ加工により、前記挿入口の形成と、任意角度を有する前記テーパ

部の形成とを連続的に行う工程を含む、請求項 6 に記載の方法。

【請求項 8】

前記レーザ加工後、形成された挿入孔およびテーパ部の内壁をエッチング処理する工程を含む、請求項 6 または 7 に記載の方法。

【請求項 9】

前記パルスレーザが、フェムト秒レーザである、請求項 6 ～ 8 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 1 0】

前記エッチング処理を、フッ酸、塩酸、硝酸、硫酸からなる群より選択される少なくとも 1 種以上の無機酸により行う、請求項 6 ～ 9 のいずれか 1 項に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光ファイバを接続するために用いられる光コネクタに関し、特に多芯光コネクタに関するものである。

【0 0 0 2】

【従来技術】

近年、情報伝達の高速化・大容量化から、光ファイバを用いた情報通信が広く行われるようになってきている。これらの光ファイバを用いた情報通信では、光ファイバ同士、または光ファイバと光情報機器とを接続する必要がある、かかる接続には、光通信用フェルールや光通信用ファイバアレイ等の光コネクタが使用されている。また、小型化・高集積化の要請により、これらの光コネクタは、多芯のものが使用されるようになってきている。

【0 0 0 3】

光コネクタは、基材に形成した挿入孔に光ファイバを嵌入し固定した構造を有するため、光ファイバの接続損失を防ぐためには、光ファイバの光軸がずれないように挿入孔の寸法精度をサブミクロンのオーダーで制御する必要がある。上記のように光コネクタが多芯化や小型化されることにより、更なる寸法精度が求めら

れるようになっている。

【 0 0 0 4 】

射出成形や押出し成形により成形を行い、焼成、加工の工程をへて製造される従来のファイバアレイやフェルールでは、光ファイバを嵌入させるための挿入孔の寸法精度を、その工程上、 $1\mu\text{m}$ 以下にすることが困難である。

【 0 0 0 5 】

そのため、例えば特開平 1 1 - 1 7 4 2 7 4 号公報に記載されているように、二酸化珪素やシリコン基板等の基板にV字溝を形成し、押さえカバーにより光ファイバを挟持して固定する構造のものが用いられ、またフェルールではジルコニアセラミック等に挿入孔を形成し、光ファイバーを嵌入して固定する構造のものが用いられている。この加工方法では、上記の成型技術を用いる場合と異なり、切削加工により基材にV字溝や挿入孔を形成し、砥石により仕上げ加工を行うことにより、形成したV字溝や挿入孔の寸法精度は、 $0.5\mu\text{m}$ 以下にすることが可能である。

【 0 0 0 6 】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、V字溝や挿入孔の寸法精度を一定に保つためには、常に砥石の形状補正を行う必要があるため、生産性が劣るという問題があった。また、ジルコニアセラミックを基材とするフェルールでは、切削加工時の加工応力により基材の結晶構造が転移を起こし、基材が膨張してしまうため、寸法精度を確保できないといった問題があった。

【 0 0 0 7 】

したがって、本発明の目的は、寸法精度が高くかつ加工が容易で安価な、多芯化された光通信用フェルールまたは光通信用ファイバアレイを提供することにある。

【 0 0 0 8 】

【課題を解決するための手段】

上記の目的を達成するために、本発明の光コネクタは、光ファイバを挿入するための複数の挿入孔が、所定の間隔で配列されてなる光コネクタであって、隣接

する前記挿入孔間の中心間距離の精度が $\pm 0.5 \mu\text{m}$ 以内であり、隣接する前記挿入孔間の孔軸方向の平行度が $\pm 0.1^\circ$ 以内であることを特徴とするものである。このような挿入孔の寸法精度とすることにより、結合損失の少ない光コネクタを提供することができる。

【0009】

また、本発明の態様として、前記挿入孔が、二次元ハニカム状に配列されてなることが好ましい。このように二次元ハニカム状に挿入孔を形成することにより、単位断面積あたりの光ファイバ数を増やすことができ高集積化するとともに、同時に結合損失を低減することができる。

【0010】

さらに、前記挿入孔が、光ファイバの挿入側の挿入孔端部がテーパ形状を有してなることが、より好ましい態様である。このように光ファイバ挿入側をテーパ形状とすることにより、光ファイバの潜傷や光コネクタ使用時の光ファイバの損傷を低減することができる。

【0011】

光コネクタの基材が、酸化珪素を主成分とするガラス、ガラスセラミック、石英ガラスおよび透光性アルミナならびに酸化ジルコニウムからなる群より選択されたものであることがより好ましい。このように透明性の基材を用いることにより、レーザ加工時の基材の熱損傷を避けることができる。

【0012】

また、本発明の光コネクタは、光通信用フェルールまたは光通信用ファイバアレイである。本発明の光通信用アレイにおいては、従来のV字溝を形成した基材と押さえ板とを必要とするものと比較して、部品数を減らすことができ、また、簡易かつ安価に製造することができる。

【0013】

本発明の別の態様として、上記の光コネクタの製造方法は、前記光コネクタ用の基材を固定し、前記基材において、光ファイバの挿入側の孔軸方向の調整を行い、調整された孔軸方向から、パルスレーザ加工により挿入孔を形成する工程を含むことを特徴とするものである。

【0014】

また、パルスレーザ加工により、前記挿入孔の形成と、任意角度を有する前記テーパ部の形成とを連続的に行う工程を含むことが好ましく、特に、パルスレーザが、フェムト秒レーザであることがより好ましい。このように、挿入孔の形成に連続してテーパ部を形成することにより、生産性を高めることができる。

【0015】

さらに、前記レーザ加工後、形成された挿入孔およびテーパ部の内壁をエッチング処理する工程を含むことがより好ましく、特に、かかるエッチング処理は、フッ酸、塩酸、硝酸、硫酸からなる群より選択される少なくとも1種以上の無機酸により行うことがより好ましい。このようにエッチング処理することにより、さらに加工精度を高めることができる。

【0016】

【発明の実施の形態】

本発明の光コネクタおよびその製造方法について、図面に基づき詳細に説明する。

【0017】

図1および図2は、本発明の実施形態を示す、光通信用ファイバアレイおよび光通信用フェルールの概略図である。まず、基材となる矩形基材1または円筒基材2を準備する。かかる基材は、酸化珪素を主成分とするガラス、ガラスセラミック、石英ガラス、透光性アルミナ等の透明材料を用いる。後に説明するレーザ加工の際の基材の熱損傷を防ぐためである。したがって、基材に含まれる Na_2O 、 K_2O 、 CaO 、 BaO 等の不純物は、50ppm以下にしておくことが好ましい。不純物の含有量が50ppmを超えると、透明性が損なわれる。また、基材は、孔空け加工する前に端面を光学研磨しておく。

【0018】

孔空け加工は、パルスレーザ加工により行う。基材を保持具で固定し、レーザ照射軸と基材との位置合わせを行う。対物レンズにより、スポット径の調整を行う。なお、スポット径は、使用する光ファイバの外径により適宜調整されるが、本発明では、挿入孔を形成するに、特に、パルスレーザのスポット径を10～

130 μm に集光して行うのが有効である。

【0019】

基材の孔空け加工の際、基材としてガラス等を用いた場合、高出力のレーザー光を連続照射すると、基材中のレーザー照射された部分が急激に温度上昇を起こし、ヒートショックにより基材にクラックを発生させてしまう。そのため、レーザー加工は、パルスレーザーにより加工を行うのが好ましい。孔空け加工に使用するパルスレーザーとしては、特に限定するものではなくYAGレーザー、エキシマレーザー等の公知のものを使用することができるが、特にアルゴンイオン励起Ti-サファイヤレーザーが好ましい。なお、本発明において好適に用いられる「フェムト秒レーザー」とは、レーザーパルス幅が、1ps以下のものを意味する。

【0020】

このようにパルスレーザー加工により形成された挿入孔は、レーザー光の直進性により、複数の挿入孔を形成した場合であっても、隣接する各挿入孔の中心間距離の精度を $\pm 0.5 \mu\text{m}$ 以下にすることができ、挿入孔形成後に、精度向上のための仕上げ加工を行う必要がなくなる。また、各挿入孔の中心間距離の精度が向上するだけでなく、複数の挿入孔の軸方向の平行度を $\pm 0.1^\circ$ 以下とすることができ、非常に高精度な加工が可能となる。なお、各挿入孔の中心間距離とは、図3に示すように、隣接する各挿入孔端部の中心を結んだ直線距離の平均値からのずれをいい、また、軸方向の平行度とは、基準軸（基材のレーザー照射面と垂直な軸方向）と各挿入孔の軸とのなす角度を意味する。

【0021】

また、図4に示すように、従来の基材にV字溝を加工するタイプの光通信用アレイでは、押さえ板を必要とすることから、複数の挿入孔を高密度で形成することが不可能であったが、図1または図2のように、パルスレーザーを用いることにより、2次元ハニカム状に挿入孔を形成することができる。

【0022】

さらに予想外なことに、挿入孔間の間隔を狭め、光ファイバを高密度化すると、光ファイバの結合損失を低減できるとの知見を得た。これは、複数の挿入孔を形成する場合に、各孔の間隔を狭めることにより両端の挿入孔間距離を短縮でき

、それにより各挿入孔の寸法精度が向上するためと考えられる。

【0023】

本発明の光コネクタは、図5に示すように、光ファイバを挿入する側の挿入孔2の端部が、テーパ形状5を有してなるものである。孔端部にテーパ加工を施すことにより、光ファイバを挿入時の損傷（潜傷）や、挿入固定後の当該端部と光ファイバの側面との接触を減らすことができ、光ファイバの損傷を防止することができる。本発明の製造方法にかかる光コネクタは、基材の挿入孔を形成する際に、連続して当該テーパ形状加工を行うことができる。従来のように、挿入孔を形成した後に、テーパ加工する必要がなくなるため、加工工程を減らすことができる。また、挿入孔の形成時に、パルスレーザの出力と加工速度を調整することにより、挿入孔の形成と当該孔端部のテーパ加工とを同時に行うこともできる。

【0024】

なお、切削加工によりテーパ部を形成した場合は、テーパ部の内壁に発生したエッジ部分を取り除く必要があるため、別途面取りR加工を施す必要がある。この面取りR加工が不十分であると、光コネクタ使用時に光ファイバの断線を引き起こす。本発明の製造方法によれば、パルスレーザ加工により、基材が熱溶融してテーパ部が形成されるため、エッジが発生することもなく、かかる面取りR加工も不要であるため、作業工程の軽減が図られる。

【0025】

上記のように、パルスレーザ加工により形成された挿入孔および当該孔端部のテーパ部は、その内壁表面がなめらかであることが特徴であるが、レーザ加工時に挿入孔内壁に結晶粒が形成されることもあるため、パルスレーザ加工後に、挿入孔および当該孔端部のテーパ部をエッチング処理して、結晶粒を取り除くことが好ましい。エッチング処理液としては、フッ酸、塩酸、硝酸、硫酸からなる群より選択される少なくとも1種以上の無機酸を使用することができる。

【0026】

【実施例】

実施例1

パルス繰り返し周波数が1kHz、中心波長が800nmのLD励起Tiサフ

ファイアパルスレーザを5倍の対物レンズで集光し、スポット径を $125\mu\text{m}$ に調節し、レーザ照射面を光学研磨した直径 3mm で高さ 20mm の石英ガラス製円筒状基材（材料のバンドギャップが 7.9eV ）に、レーザ照射を行った。照射条件および加工速度は、パルス幅 130 フェムト秒以下、 200mW の出力で、スキャン速度が $100\mu\text{m}$ であった。円筒状基材に挿入孔を $250\mu\text{m}$ 間隔で4本形成した。次に、挿入孔が形成された円筒状基材を、 $4\text{wt}\%$ のフッ酸水溶液に1時間浸漬し、超音波洗浄器を用いてエッチング処理を行い、4心の光通信用フェルールを得た。

【0027】

得られた光通信用フェルールの挿入孔は真円であり、内径は $125\mu\text{m}$ であった。また、隣接する各挿入孔間の距離は $250\mu\text{m}\pm 0.4\mu\text{m}$ であり、各挿入孔のZ軸方向（レーザ照射面と垂直な方向）の平行度は $\pm 0.07^\circ$ であった。さらに、レーザ照射側の挿入孔端部には、略 60° のテーパ部が形成されていることが確認された。

【0028】

実施例2

パルス繰り返し周波数が 1kHz 、中心波長が 800nm のLD励起Tiサファイアパルスレーザを5倍の対物レンズで集光し、スポット径を $125\mu\text{m}$ に調節し、レーザ照射面を光学研磨した厚さ 5mm の矩形の石英ガラス製基材（材料のバンドギャップが 7.9eV ）に、レーザ照射を行った。照射条件および加工速度は、パルス幅 130 フェムト秒以下、 200mW の出力で、スキャン速度が $100\mu\text{m}$ であった。基材に挿入孔を $250\mu\text{m}$ 間隔で10本形成した。次に、挿入孔が形成された円筒状基材を、 $4\text{wt}\%$ のフッ酸水溶液に1時間浸漬し、超音波洗浄器を用いてエッチング処理を行い、10心の光通信用ファイバアレイを得た。

【0029】

得られた光通信用アレイの挿入孔は真円であり、内径は $125\mu\text{m}$ であった。また、隣接する各挿入孔間の距離は $250\mu\text{m}\pm 0.4\mu\text{m}$ であり、10本の挿入孔の両端の中心間距離は、 $2250\mu\text{m}\pm 0.4\mu\text{m}$ であった。各挿入孔のZ

軸方向（レーザ照射面と垂直な方向）の平行度は $\pm 0.07^\circ$ であった。さらに、レーザ照射側の挿入孔端部には、略 60° のテーパ部が形成されていることが確認された。

【0030】

得られた光通信用ファイバアレイに光ファイバを挿入して接着固定し、コリメータを用いて結合損失を測定した。孔間隔が $250\mu\text{m}$ のアレイでは結合損失が、 0.26dB であった。

【0031】

実施例3

実施例2と同様の加工条件で、挿入孔の間隔を $125\mu\text{m}$ に変えて、挿入孔を10本形成し、光通信用フェルールを得た。

【0032】

得られた光通信用アレイの挿入孔は真円であり、内径は $125\mu\text{m}$ であった。また、隣接する各挿入孔間の距離は $250\mu\text{m} \pm 0.4\mu\text{m}$ であり、10本の挿入孔の両端の中心間距離は、 $1125\mu\text{m} \pm 0.4\mu\text{m}$ であった。各挿入孔のZ軸方向（レーザ照射面と垂直な方向）の平行度は $\pm 0.07^\circ$ であった。さらに、レーザ照射側の挿入孔端部には、略 60° のテーパ部が形成されていることが確認された。

【0033】

実施例2と同様に、得られた光通信用アレイに、光ファイバを挿入して接着固定し、結合損失の測定を行った。孔間隔が $125\mu\text{m}$ のアレイでは結合損失が、 0.15dB であった。

【0034】

比較例1

基本波 1064nm （倍波 532nm 、三倍波 355nm ）のYAGレーザを、5倍の対物レンズで集光し、スポット径 $125\mu\text{m}$ に調整し、レーザ照射面を光学研磨した厚さ 5mm の矩形の石英ガラス製基材（材料のバンドギャップが 7.9eV ）に、レーザ照射を行った。照射条件および加工速度は、パルスエネルギーが 5mJ 、スキャン速度が $100\mu\text{m}$ であった。

【0035】

その結果、基材の表面が僅かに窪んだだけで、挿入孔は形成されなかった。また、レーザを照射した基材表面とその裏面には、マイクロクラックの発生が観測された。

【0036】

比較例 2

比較例 1 において、使用するレーザの種類を Ar F エキシマレーザ（波長 193 nm）に変えて同条件で、孔空け加工を行った。

【0037】

その結果、レーザの照射エネルギーが、基材に吸収されず、挿入孔は形成されなかった。

【0038】

比較例 3

比較例 1 において、使用するレーザの種類を F₂ レーザ（波長 157 nm）に変えて同条件で、孔空け加工を行った。

【0039】

その結果、深さ 100 μm 程度までは、孔が形成できたが、挿入孔（深さ 5 mm）は形成できなかった。

【0040】

【発明の効果】

本発明により、寸法精度が高くかつ加工が容易で安価な、多芯化された光通信用フェルールまたは光通信用ファイバアレイを得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の光コネクタの一態様である、光通信用ファイバアレイの概略図を示す図である。

【図 2】

本発明の光コネクタの一態様である、光通信用フェルールの概略図を示す図である。

【図 3】

本発明の光コネクタの挿入孔部分を拡大した図である。

【図 4】

従来の V 字形溝を形成してなる光通信用ファイバレイの一例を示した図である。

【図 5】

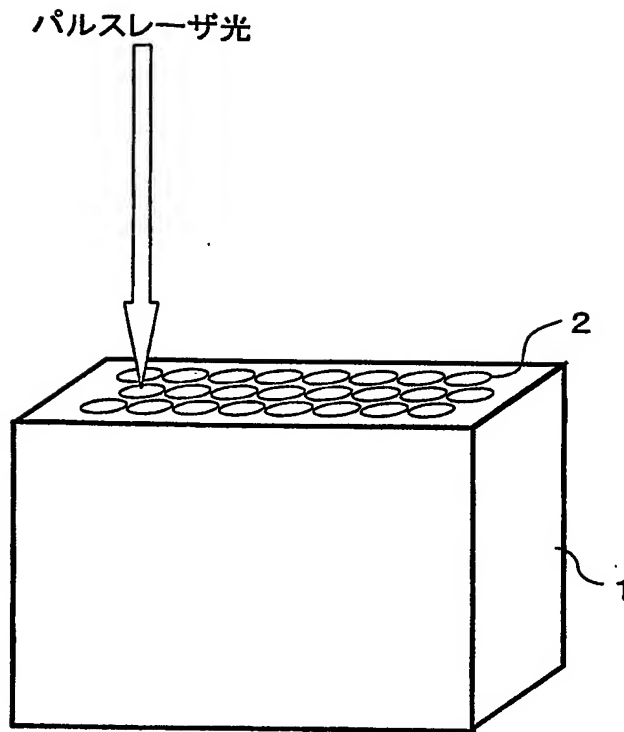
本発明の別の態様の光コネクタの概略断面図を示したものである。

【符号の説明】

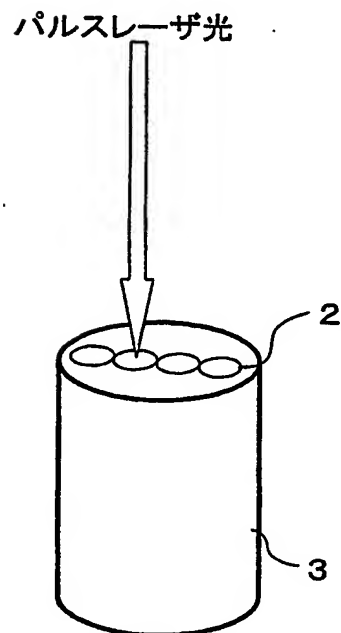
- 1 光通信用ファイバレイ基材
- 2 挿入孔
- 3 光通信用フェルール基材
- 4 押さえ板
- 5 テーパ部

【書類名】 図面

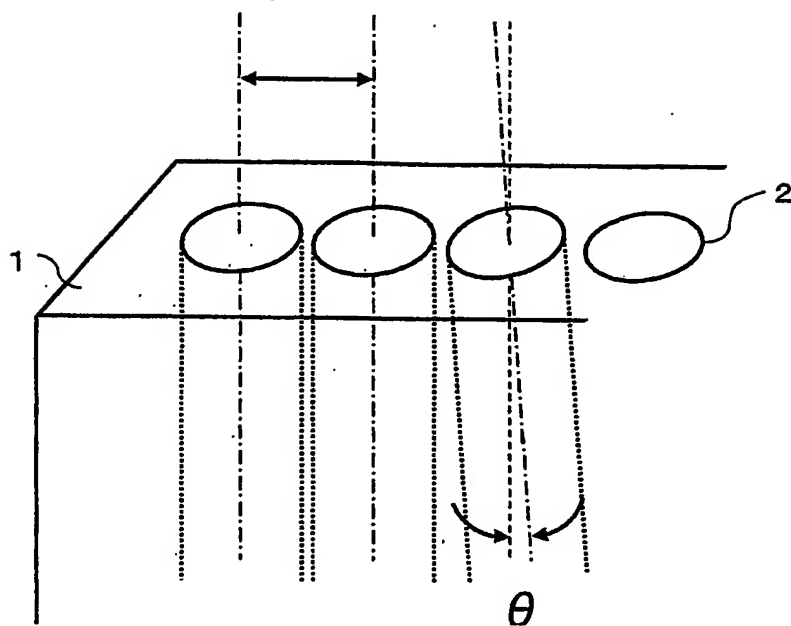
【図1】



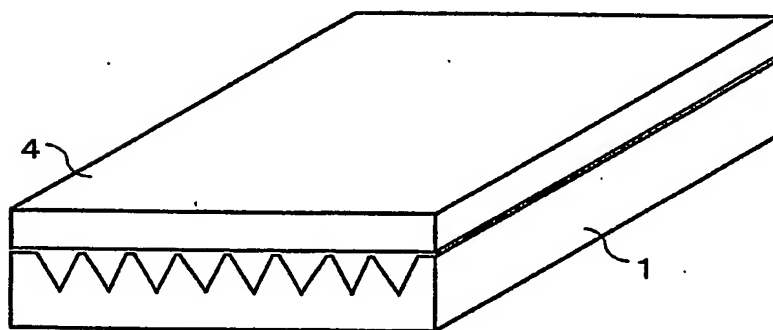
【図2】



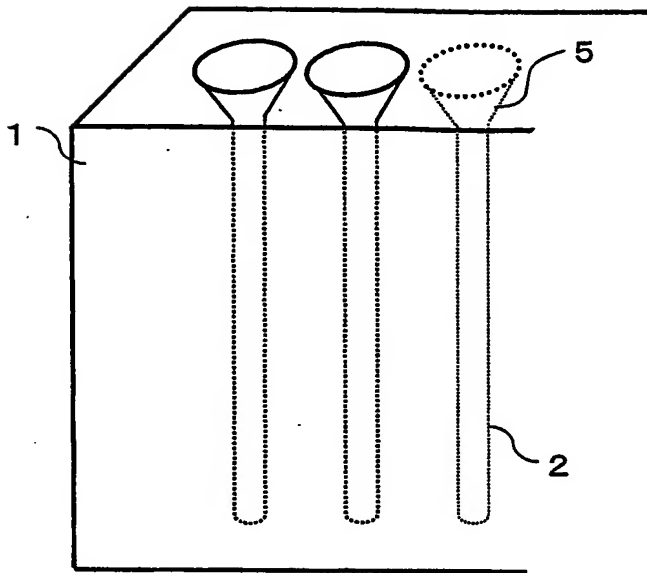
【図 3】



【図 4】



【図5】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 寸法精度が高くかつ加工が容易で安価な、多芯化された光通信用フェルールまたは光通信用ファイバアレイを提供する。

【解決手段】 光ファイバを挿入するための複数の挿入孔が、所定の間隔で配列されてなる光コネクタであって、隣接する前記挿入孔間の中心間距離の精度が $\pm 0.5 \mu\text{m}$ 以内であり、隣接する前記挿入孔間の孔軸方向の平行度が $\pm 0.1^\circ$ 以内であることを特徴とする。

【選択図】 図1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [392017004]

1. 変更年月日 1992年 5月21日

[変更理由] 新規登録

住 所 滋賀県伊香郡高月町大字高月1623番地
氏 名 湖北工業株式会社